

rait-on dire) la forme d'une roue. Les théoriciens avaient imaginé ces deux formes. En particulier, Lord Rayleigh avait prédit qu'une goutte en rotation pouvait se transformer en roue. Par ailleurs, lors d'une expérience récente réalisée par la NASA, on avait observé la caca-huète, en mettant une goutte en rotation dans l'espace (hors du champ de la gravitation). Toutefois, on pensait que la roue était instable, une hypothèse que l'astrophysicien Subrahmanyan Chan-

drasekhar avait avancée. Dans nos expériences, la roue progresse sur un plan incliné, qui semble la stabiliser.

Les billes liquides soulèvent de nombreuses questions, liées à leurs frottements avec les solides et à leurs déformations. Elles pourraient aussi avoir un intérêt pratique : on envisage de les utiliser pour transporter de petits volumes de liquide sur de grandes distances et à grande vitesse, notamment en microfluidique. Ces objets, faciles à réaliser au laboratoire,

apparaissent parfois spontanément dans la nature. Une forte pluie sur une route couverte de pollens ou de poussières engendre parfois ce qu'on appelle, dans le Sud-Ouest, un « verglas d'été », constitué de billes liquides. Ces billes se forment probablement aussi sur les sols argileux (l'argile est hydrophobe), où elles pourraient donner lieu à un type d'érosion original.

Pascale AUSSILLOUS et David QUÉRÉ
Laboratoire de physique de la matière condensée, Collège de France

Le compteur des abeilles

Les abeilles évaluent les distances grâce à la quantité d'images perçues pendant leur trajet.

Une abeille éclaireuse explore les prés voisins de sa ruche à la recherche de nourriture, du pollen ou du nectar. Après avoir repéré un parterre de fleurs mûres, elle retourne à la ruche prévenir ses congénères et leur indiquer l'endroit. Pour ce faire, elle danse en libérant une substance olfactive, une phéromone, qui attire les abeilles ouvrières ainsi recrutées pour aller quêrir de la nourriture. Le prix Nobel de médecine Karl von Frish (1886 – 1983) a montré qu'une danse en rond indique une nourriture très proche qui ne requiert aucune information pour la trouver, alors qu'une danse en forme de huit, dite frétilante, rend compte, d'une part, de la distance à parcourir et, d'autre part, de la direction à prendre pour accéder à la source de nourriture. Comment ces informations sont-elles codées ?

L'angle de la danse avec la verticale est identique à celui de la direction de la nourriture avec celle du Soleil. La durée de cette danse indique la distance, mais comment les abeilles l'estiment-elles ? En 1963, Martin Lindauer avait montré que les abeilles évaluent les distances par l'énergie dépensée pour les parcourir. Or, les travaux de Harald Esch, de l'Université d'Indiana, contredisent cette hypothèse. Selon lui, les abeilles évaluent les distances grâce au flux optique, c'est-à-dire à la quantité d'images perçues par unité de temps. Par exemple, dans un train, les objets proches, qui passent devant nos yeux rapidement, créent un flux optique plus important que ceux qui sont éloignés et, par conséquent, plus lents.

Dans un premier temps, les éthologues ont habitué des abeilles (*Apis mellifera ligustica*) à traverser un tunnel de huit mètres de longueur, orienté vers le Sud et placé à trois mètres de la ruche. Les côtés et le plancher du tunnel étaient tapissés de carrés blancs et noirs disposés aléatoirement, alors que le plafond était grillagé. Enfin, une coupelle d'eau sucrée était placée au fond du tunnel. Les abeilles qui atteignaient cette solution, puis revenaient à la ruche, dansaient pendant 358 millisecondes.

Ensuite, avec des abeilles qui ne passaient pas par le tunnel, ils ont établi les correspondances entre la durée des danses et l'éloignement de la nourriture : selon l'échelle obtenue, une danse de 358 millisecondes représente une distance de 72 mètres, et non les 11 mètres que les abeilles éclaireuses avaient réellement parcourus. Effectivement, des observateurs ont vu un maximum d'abeilles recrutées par celles qui avaient traversé le tunnel, mais qui, elles, ne passaient pas

par le tunnel, explorer une région distante de 70 mètres dans la direction du tunnel.

Ainsi les abeilles, habituées à une « densité » moyenne d'objets sur leur trajet, étaient trompées par la présence des carrés noirs et blancs : la quantité d'images perçues par unité de temps étant supérieure à la normale, elles pensaient avoir parcouru une distance supérieure à la longueur réelle du tunnel. L'expérience a été renouvelée avec succès avec un tunnel de six mètres de longueur et orienté vers le Nord-Ouest. Toutefois, d'autres paramètres, tels l'altitude du vol et les éléments du paysage influent sur le flux optique. Ainsi, les abeilles recrutées qui suivent les consignes de la danse de l'abeille éclaireuse convertissent une quantité d'images en une distance précise qui les sépare de la nourriture.



Les abeilles indiquent, par une danse, à leurs congénères l'endroit où se trouve la nourriture. La durée de cette danse indique la distance estimée grâce à la quantité des images perçues pendant le trajet. Les abeilles qui passent par le tunnel tapissé de carrés blancs et noirs (à gauche) apprécient mal les distances, car le flux optique (la quantité d'images perçues) est artificiellement augmenté.

Petit trou noir

Depuis environ 10 ans, les astronomes se sont persuadés que le centre des grandes galaxies – dont la Voie lactée – renferment chacun un énorme trou noir de plusieurs millions, voire des milliards de masses solaires. La matière qui se trouve violemment aspirée par ces monstres est chauffée à des températures considérables et émet de grandes quantités de rayonnement, ce qui expliquerait que les noyaux des galaxies produisent beaucoup d'énergie à partir d'un très faible volume (du même ordre que celui du Système solaire pour une production d'énergie équivalente à celle de dizaines de milliards de soleils). Cependant, en étudiant la vitesse de révolution des étoiles de la galaxie M33 autour du centre de cette galaxie, David Merritt, de l'Université d'État du New Jersey, et ses collègues viennent d'établir qu'elle renferme un trou noir central n'excédant pas (si toutefois il existe) 3 000 masses solaires (1 000 fois moins que le plus petit trou noir central connu). Si ce résultat était confirmé, il remettrait en cause un des rares faits qui semblaient acquis quant au mécanisme encore inconnu de formation des galaxies.

La croissance des dinosaures

Une équipe de paléontologues franco-portugaise a montré que les mécanismes de croissance des os des théropodes, des dinosaures carnivores, sont plus proches de ceux des oiseaux, leurs descendants, que de ceux des tortues et des crocodiles. Ils ont étudié les os d'embryons vieux de 150 millions d'années, provenant du gisement de Lourinha, à 60 kilomètres de Lisbonne. Jusqu'à présent, la biologie des théropodes était mal connue, car les fossiles découverts étaient surtout des embryons de dinosaures végétariens du Crétacé supérieur, vieux de 70 millions d'années.

Les moustaches du phoque

Le phoque suit une proie en détectant, grâce à ses moustaches, le sillage du poisson. Une équipe allemande a simulé le mouvement d'un poisson au moyen d'un



Science

sous-marin miniature et a constaté que le phoque est capable de suivre l'engin à longue distance, même dans l'obscurité, alors qu'il échoue lorsque ses moustaches sont recouvertes par un bandeau. Les moustaches, très sensibles aux vibrations de l'eau, joueraient le rôle d'un détecteur. C'est la première fois que l'on identifie chez un animal ce type de repérage des proies.

Prélude aux éruptions

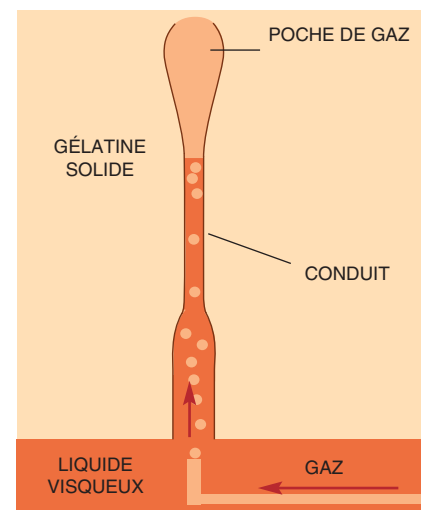
Un modèle expérimental de volcan explique l'origine des jets de gaz précurseurs des éruptions volcaniques.

Le 15 juin 1991, aux Philippines, le volcan Pinatubo se réveille après 500 ans d'inactivité, envoyant dans l'atmosphère un immense nuage de gaz et déversant sur ses flancs une lave qui balaiera tout sur son passage faisant 850 morts et détruisant les habitations d'un million de personnes. Le bilan a été lourd, mais il a pourtant été limité par la prévision de la catastrophe. Pendant les deux mois qui l'ont précédée, des éruptions annoniatrices riches en gaz et de faible volume avaient alerté les autorités du réveil du volcan et des mesures avaient été prises pour évacuer les personnes vivant à proximité. Ces jets précurseurs ont aussi été observés pour d'autres volcans, tels la Soufrière de l'île de Montserrat, aux Antilles, et le volcan Usu, au Japon. Pourquoi ces gaz initialement dissous dans le magma précédent-ils le magma ? Empruntent-ils un réseau connecté de fissures ? Thierry Menand et Stephen Tait, de l'Institut de physique du Globe de Paris, proposent un modèle expérimental de volcan, en laboratoire, qui rend compte des caractéristiques des jets de gaz précurseurs.

La source d'un volcan est une chambre magmatique, réservoir situé à quelques kilomètres sous la surface, où le magma s'accumule jusqu'à ce que la pression qu'il subit l'en éjecte. À mesure que le magma remonte, sa pression diminue et les gaz auparavant dissous s'échappent de la lave. L'observation des fissures magmatiques fossiles montre que ces gaz ont tendance à s'accumuler à l'avant des fissures et à former une poche. Dans le modèle expérimental de T. Menand et S. Tait, un cube de gélatine de 50 centimètres de hauteur simule la roche, et un liquide visqueux le magma. Le cube de gélatine obstrue hermétiquement la cuve contenant le liquide, et l'on en augmente la pression. On amorce un conduit dans la gélatine par une encoche. À mesure que l'on augmente la pression, le liquide se fraye un chemin vertical dans la gélatine. Puis, on stabilise la pression, et le liquide continue à monter lentement ; on injecte alors dans la cuve quelques bulles d'air comprimé qui déforment la fissure : une poche de gaz apparaît à l'avant du liquide alors que celui-ci continue de progresser vers le haut. En même temps qu'elle se forme, la poche s'élève de plus en plus vite dans la gélatine. Le liquide, à cause

des frottements avec les parois du conduit, monte moins vite. Malgré l'accélération, le débit du liquide reste constant, ce qui signifie que la section du conduit diminue : la cheminée se referme derrière la bulle de gaz, laquelle continue à progresser et perce la surface de la gélatine quelques instants avant le liquide.

Ce modèle est-il une bonne image de la réalité ? La pression des gaz précurseurs augmente jusqu'à la limite de rupture de la gélatine. Le modèle montre qu'une fois cette limite atteinte, la poche de gaz se désolidarise du magma, car, du fait de sa faible viscosité, elle avance plus vite que le liquide. Dans ce modèle, le liquide emprunte le même chemin que les gaz et l'intervalle de temps entre le jet précurseur et la véritable éruption dépend de la viscosité du liquide. Dans la réalité, cet intervalle dépend de la nature des gaz dissous et des pressions auxquelles ils quittent le magma. Le modèle prévoit toutefois qu'il est plus court dans le cas des volcans à lave basaltique, peu visqueuse, que dans les volcans où la lave contient de la silice. Cette hypothèse semble confirmée par le volcan Parícutin, au Mexique, où des gaz et des cendres sont émis quelques heures avant que le magma n'atteigne la surface, alors que dans le cas des éruptions à silice, des semaines, voire des mois (pour le volcan Pinatubo), séparent les deux événements.



Dans ce modèle, une couche de gélatine simule la roche et un liquide visqueux le magma. Les gaz injectés s'accumulent en une poche qui progresse dans la gélatine, devant le «magma».

AP Photo/Koji Sasahara

